

IL PONTE TUBOLARE

BRITANNIA



DESCRIZIONE GENERALE

DEL

PONTE TUBOLARE BRITANNIA

NELLA STRADA A ROTAJE
DI CHESTER ED HOLYHEAD

PUBBLICATA COL PERMESSO DELL' INGEGNERE CIVILE



ROBERTO STEPHENSON
DA
UN LOCALE AJUTANTE



LONDRA
Presso Chapman aud Hall 186. Strand
1849.

TRADOTTA DALL' INGLESE

CATANIA
DAI TIPI DELL' ACCADEMIA GIOENIA
PRESSO FELICE SCIUTO
1850.







Il *Ponte tubolare* nello Stretto di Menai (fra la costa occidentale d' Inghilterra e l' Isola di Anglesey) e quello di Conway, materialmente non differiscono in nulla fra di loro. Furon essi ideati al tempo stesso, ed identici erano in entrambi i principii e i dettagli di costruzione. Ma siccome la grandezza del primo è maggiore di quella del secondo, e le difficoltà del sito più numerose e pressochè insormontabili, la nostra descrizione riguarderà il *Britannia*, facendo uso di qualche notizia di quello di Conway ne' piccoli punti in che differiscono fra loro.

La strada di comunicazione fra Londra ed Holyhead è stata riguardata da molto tempo, con ragione, come la principale del paese. Nel 1822, Telford, il più eminente ingegnere del suo tempo, fu impiegato dal Governo a meliorare o a ricostruire la strada postale. Egli lo eseguì lasciando

il più perfetto lavoro di costruzione di strade sino allor conosciuto, alzando nel corso di quella i due bellissimi punti sospesi a Conway ed a Menai, che han reso immortale il di lui nome. L'ultimo di questi era per quel tempo opera tanto grande quanto lo è oggi il *Britannia*; e come questo, presentava un esempio di nuovo ed intentato metodo di costruzione, arditamente sviluppato, quasi al primo sforzo di sua maggior capacità.

Ma sopravvennero le strade a rotaja; quelle ordinarie cessarono; e giunte a Chester la parte rimanente della grande Strada d' Irlanda, non era conveniente che restasse nella sua antica condizione. Surse nel 1844 la Compagnia della *Strada a rotaja di Chester e Holyhead*, e si concepì subito da' suoi ingegneri che la maggior difficoltà nella linea si era il come portarla innanzi sul picciol canale dello Stretto di Conway e di Menai, essendo impossibile poter far uso di ponte sospeso, pel passaggio di pesanti *treni di rotaje*, venendo reso insufficiente, per la sua flessibilità, ne' casi ne' quali si richiede inflessibilità del pavimento; e quindi altro modo era necessario per ottenere lo scopo. Le difficoltà nascevano dalle seguenti

cagioni; in tutti e due i luoghi vi era un traffico considerevole di barche molto grandi, ed a prevenire il disturbo di quel traffico era indispensabile, che nella fabbrica del ponte non si usassero tavolati o centine; perchè questi impiegandovisi avrebbero impedito il passaggio. Nel caso dello Stretto di Menai il sig. Stephenson prese occasione da questa difficoltà per ideare un ponte a due archi, di ferro fuso, la distesa di ognuno de' quali doveva essere di 450 piedi, l' altezza dalla chiave dell'arco, 100 piedi, e 50 dalla imposta (springing) sopra dell' acqua; abolendo, con grande ingegno, l' uso delle centine, sostituendovi cerchi di legname, onde attaccare insieme i semiarchi in ogni lato del pilastro centrale. Il sito ove ideava di alzarlo era appunto ove va a piantarsi il ponte attuale.

Superata però la prima difficoltà un' altra più seria se ne presentava. I Commessarii dell' Ammiragliato, visto il disegno ad essi sottomesso per l' approvazione, insistevano che vi fosse un' altezza di 100 piedi sopra l' acqua, non solo alla chiave dell' arco, ma anche presso i pilastri; dando così due alternative, o mantenere la forma di arco ed accrescerne di 50 piedi l' altezza, o abbandonando

la forma arcuata, costruire in qualche maniera dell' intutto nuova una specie di trave (beam), la di cui stabilità dovesse dipendere semplicemente dalla forza delle sue parti. La prima richiesta inoltre rendea necessario che fosse costruito, nella sua ultima posizione, o sopra un tavolato sospeso, o alzato *intiero* e ad *un tratto* nel suo sito, dopo di essere stato messo insieme altrove. Questa ultima proposta fu quella scelta dal sig. Stephenson. La sua proposta di un *Tubo*, o d' una specie di *trave*, o prisma di 460 piedi di netta lunghezza, forte abbastanza per sopportare un *Treno di rotaja* non solo, ma a sostenere il proprio peso, fu ricevuta dal Pubblico, al primo annunzio, con quasi universale incredulità. Non ostante il dubbio del Pubblico, la Compagnia confidava nel suo ingegnere, ed i suoi travagli e le sue investigazioni han già riuscito negli attuali ponti tubolari; i quali per la stupenda loro grandezza, per la singolarità della loro forma, per la natura gigantesca delle operazioni per mezzo delle quali intieri ponti, di un peso senza esempio, sono trasportati ed alzati sul loro posto, hanno eccitato più d' interesse tanto nel mondo scientifico quanto nel Pubblico, di qualunque altra opera d' ingegnere della età presente.

Abbiamo detto che il sig. Stephenson non potendo servirsi dell' arco o del ponte a catene fu costretto ad adottare la terza possibile forma, quella di una *trave*; e noi vorremmo che i nostri lettori ritenessero, che questi tubi non sono che specie di giganteschi cilindri. Essi non prendon forza da qualsiasi pressione orizzontale ne' loro tubi terminali, come la prendono gli archi nelle loro spalle; nè da modo alcuno di sospensione come nel ponte a catene, ma *resistono con incombente pressione*, esattamente sugli stessi principii che reggono il corto pancone che attraversa il ruscello del villaggio. La loro forma però ed il metodo d' impiegarvi i materiali di cui sono costituiti sono così nuovi e belli, e così differenti da quelli di un semplice trave o bordone, che noi vorremmo chiamar l' attenzione del nostro lettore ad alcuni di questi punti, prima di passare alla minuta descrizione de' tubi stessi.

La parola *Tubo*, come viene applicato a questi ponti, certamente desterà una falsa impressione in que' che non sono al fatto della loro forma e metodo di costruzione. Per *Tubo* s' intende comunemente un cannello rotondo di piccola dimensione, mentre quelli usati pel ponte, come pienamente

spiegheremo, sono di forma quadrata, e d' una grande larghezza ed altezza. Ma pure non sarebbe facile trovare una parola che potesse meglio indicare la loro struttura di *tubolari*, perchè non solo essi sono vuoti da una punta all' altra e chiusi intorno a modo di tubo, ma il loro fondo e la volta, come spiegheremo qui appresso, sono formati essi stessi da un filare di tubi quadrati, a fianco uno dell' altro e fermamente connessi insieme ; cooperando materialmente ed essenzialmente alla forza e solidità del corpo intiero. Ed in vero, sotto una stretta investigazione scientifica, si scoprirà che la forza intiera risiede nel fondo e nella volta tubolare.

Or leggendo questa descrizione o guardando i tubi stessi, molte persone saran tentate di domandare, che bisogno v' era di tale intreccio ? E perchè dovesse essere necessaria non solamente la forma tubolare del corpo intiero ma anche dei piccoli tubi al fondo ed alla volta ? E perchè questi cilindri non dovessero essere stati fatti in una forma simile a quelli che si sono veduti attraverso di aperture di cinquanta a sessanta piedi, ma all' incontro in larghezza ed in altezza corrispondentemente aumentate ? A tali questioni pronta-

mente si risponde rapportando il fatto, cioè, che giungendo ad una certa dimensione, la *forma solida* è una via inefficace per impiegare una data quantità di materiale. A que' che sono al fatto della meccanica la dimostrazione ne è facile: a que' che non lo sono noi dichiareremo, che un tubo delicato, di qualunque materia si fosse, è assai più resistente della stessa quantità ravvolta in forma di corda solida di minor diametro del tubo; e possono sù di ciò richiamarsi alla memoria molti esempii; come a dire, quanto sono forti le penne, le canne e la stessa paglia in proporzione della piccolissima quantità di materiale che è in esse impiegato! Paley ha notato ciò parlando delle ossa degli uccelli, che, benchè più leggiere di quelle di altri animali della stessa taglia, sono molto forti a causa della tubolare loro forma. Nel caso de' ponti a tubo puossi facilmente assicurare col semplice calcolo, che una solida spranga di ferro (se potesse ciò farsi) della stessa lunghezza, larghezza e profondità di uno de' grandi Tubi, non potrebbe neppur sopportare il proprio peso.

Il sito principale, ove il ponte *Britannia* attraversa lo Stretto di Menai (Tav. I) è esattamente un miglio più vicino a Carnarvon, di quanto

non lo è il ponte sospeso. La rotaja dopo che lascia la estremità del ponte, passa sotto la colonna di Anglesey. Le due rive hanno lo stesso precipitoso e pendende carattere in ambi i luoghi ; ma la corrente è più larga quì che dov' è il ponte sospeso, essendo circa 1100 piedi a traverso nell' alta marèa ; è divisa quasi esattamente nel mezzo dalla rupe Britannia, che nell' alta marèa viene ad esser coverta per 10 piedi ; l' innalzamento e l' abbassamento di quella è ordinariamente di 20 piedi, e la velocità grandissima, spesso di otto miglia ed un quarto per ora. Il ponte prende il nome dello scoglio Britannia, sul quale poggia la torre, o pilastro principale.

La riva, in Anglesey, consiste di scisto cloritico, specie di roccia durissima, che difficilmente può lavorarsi ; da ciò e dal non potersi far uso del *Coffredam* (cassone ?) e quindi dal dover passare poche ore di seguito sullo scoglio, sono scorsi alquanti mesi per gettare le fondamenta (*bottom course*) della torre. Si cominciò in maggio 1846, e la prima pietra fu gettata senza cerimoniale da Frank Foster scudiere , vice ingegnere di porzione della rotaja fra Conway e Holyhead, e della fabbrica e tavolati del Ponte Britannia.

La pietra di cui le torri sono fabbricate, è un Calcario carbonifero durissimo, o marmo detto di Anglesey, abbondante di fossili, e capace di splendido pulimento: taluni saggi sono bellissimi. Si ottiene da carriere all'uopo aperte nella riva del mare a Penmon alla estremità settentrionale dell' Isola, ove trovasi abbondante ed a convenienti strati da tre o quattro piedi ad otto. Le pietre si cavano con molta destrezza per via di cunei di ferro, e poste in forma con pesanti picconi di acciajo. Talune di queste pietre nell' opera non sono minori di 20 piedi di lunghezza, ed altri pesano da 20 a 14 tonnellate. Una gran parte però della fabbrica interna è di arenaria rossa (red sandstone) da Runcorn nella contea di Chester. Questa pietra è molle, e facile ad esser lavorata, ma nello stesso tempo durevolissima, specialmente quando non è esposta.

Le pietre nelle torri sono lasciate di rustica riquadratura, eccetto negli angoli rientranti e nella intavolatura di sopra. Questa circostanza unita alla loro immensa mole ed altezza dà alle torri una maestosa apparenza. Le opere avanzate del Ponte sono ornate da ambi i lati da statue colossali di Leoni di stile egizio. Sono essi costituiti da undici

pezzi di calcario; e sebbene in una posizione giacente (couchaut) sono alti 12 piedi, lunghi 25 piedi e pesano circa 30 tonnellate; essendo però associati ad altri grandiosi oggetti la loro mole effettiva non comparisce. Furon essi scolpiti dal sig. Thomas dalle nuove case del parlamento. Si pensava una volta di situare sulla torre di mezzo la imagine della Britannia, in pietra alta sessanta piedi, dello stesso artista; ma questa idea è per ora abbandonata. I disegni della fabbrica di questo e del ponte di Conway furono apprestati da F. Thompson scudiere, da Londra.

Quando la totale costruzione sarà completa, consisterà di due immensi Tubi, o meglio, di due Tunnel di ferro lavorato, ognuno di più di un quarto di miglio in lunghezza; situati a fianco uno dell' altro, entro a' quali passeranno rispettivamente i treni di gita e di ritorno. L' estremità di questi Tubi sarà alla imboccatura di altri due che vi si uniranno come accessorii, posti sul suolo, detti *abutements*; le porzioni intermedie sono sostenute attraverso dello Stretto da tre massose e solide torri di pietra. Quella centrale, come si è detto, poggia sopra una rupe, che si copre d' acqua durante l' alta marèa, le laterali poggiano sulle op-

poste rive, ognuna alla netta distanza di 460 piedi dalla centrale. Gli accessorii (abutements) vanno entro terra a 130 piedi dalle torri laterali (Tav. 2 fig. 1.)

La torre Britannia è 62 piedi per 62 e cinque pollici alla base, ha una dolce rastremazione (taper) in modo che dove entrano i Tubi essa è 55 piedi per 45 e cinque pollici ; l' altezza totale dal fondo della base, quando sarà compita, sarà circa 230 piedi. Essa viene a contenere 148, 625 piedi cubici di calcario, e 144, 625 di arenaria, che pesano circa 20,000 tonnellate : oltre a ciò vi sono impiegati dentro 87 tonnellate di ferro fuso, di varie forme.

Le torri laterali hanno 62 piedi per 52 e cinque pollici alla base, che si rastremano a 55 piedi per 32 al livello del fondo de' Tubi ; la loro altezza è di 190 piedi dal pelo dell' alta marèa ; contengono 210 tonuellate di ferro fuso, come sopra. La dimensione principale del fabricato, del pari che quella de' Tubi si può vedere nella Tav. 2 fig. 1 che dimostra la metà del Ponte dalla parte di Carnarvon.

Il tavolato, sia per lo innalzamento della fabbrica sia pel sostegno de' piccoli tubi durante

la loro costruzione, è lo stesso di quello impiegato per la colonna di Nelson nella piazza Trafalgar in Londra, e per la nuova casa del Parlamento, cioè quello conosciuto da' murifabri sotto il nome *Tavolato di tutto legname* (whole timber scaffolding); nome che lo distingue da quello antico, costruito in una maniera incomoda, con pertiche rotonde e corte. Il legname è quì tutto *travi marcati* (balks logs of) da dodici a sedici pollici quadrati, ed alcuni di essi lunghi sino a 60 piedi; il metodo poi di unirli insieme è tale che quando si toglie via tutto il legname non solo non è guasto, ma è spesso di miglior qualità per essere più stagionato e resistente alle intemperie. Il tavolato sotto il Tubo, nel lato di Anglesey, per la forma del suolo, è molto grandioso, più di cento piedi di altezza alla estremità esteriore: come pezzo di costruzione è ammirabilissimo, e dalla moltitudine delle *panche trasverse* (crosstrats) del *legname di connessione* (bracing timbers) che s' intralciano a vicenda, la sua apparenza è pittoresca. Quello nella costa di Carnarvon non è tanto grandioso, ma è della stessa eccellente costruzione. Si vedrà or ora che il peso che questo tavolato dovrà sostenere allorquando saran compiti i piccoli tubi è

di 1300 tonnellate. Il tavolato intorno alla torre Britannia, si estende alla grande altezza di circa dugento cinquanta piedi; ed intanto a quest' altezza, pietre di non poche tonnellate di peso, vengono trasportate per ogni parte della torre facilissimamente per mezzo di *mobili rotelle* (travelling windlasses), chiamate *gantries*, che scorrono sopra rotaje posate sopra legni orizzontali.

Non ostante i costanti ed impetuosi venti, cui è stato esposto questo tavolato, che comparisce nell' insieme così leggiero e sfilato, ha resistito fin' ora senza aver sofferto ingiuria alcuna. Gli appaltatori della fabbrica e de' tavolati sono i signori Nowell, Hemmingway e Pearson.

Il ponte, come abbiam veduto, è diviso in quattro *distese* (spans), cioè due piccole all' estremità che sono sopra il suolo di 230 piedi per una, e due principali distese che stan sopra l'acqua, lunghe 460 piedi. I piccoli Tubi, come sono essi appellati, che traversano la terra, essendo costruiti sopra piatteforme, nell' ultimo loro livello non richiedono alcun rimovimento. Sebbene si chiamino piccoli tubi, la loro distesa è di gran lunga maggiore di quella di qualunque altro ponte a rotaja esistente, eccettuati i tubi di Conway. Ma i tubi

grandi che debbon traversar l'acqua sono costruiti sopra piatteformi di legname, lungo la spiaggia di Carnarvon, giusto sopra il livello dell'alta marèa: questi perciò debbono rimuoversi ed elevarsi sino alla finale loro posizione sulle torri, ed a questi principalmente è diretto il maggiore interesse.

La lunghezza di uno di questi tubi, come sta costruito sulla piattaforma, è di 472 piedi, cioè 12 piedi più lungo della *distesa* netta fra le due torri. Questa lunghezza addizionale è ad oggetto di apprestare un temporario appoggio di sei piedi ad ogni estremità, dopo che sono alzati sul loro sito, finchè vi sarà il tempo di formare la connessione de' tubi attraverso delle torri. I nostri lettori di Londra concepiranno meglio la lunghezza di questi tubi, imaginando che se uno di essi si alzasse nel cimiterio di S. Paolo, giungerebbe a 107 piedi di più dell' apice della croce della cupola. La distesa infatti è superiore a quante se ne sono tentate, eccetto i ponti su' principii di sospensione. La lunghezza dell' arco di ferro del ponte di Southwark in Londra, la maggiore *rigida distesa* in questo paese, non è che 240 piedi!

L'altezza de' tubi non è la stessa in tutte le parti della sua lunghezza; essa è maggiore nel

centro, sulla torre Britannia, ov' è 30 piedi al di fuori, e va diminuendo gradatamente verso l' estremità, ove nelle aperture, l' altezza esterna è soltanto 22 piedi e nove pollici; la volta viene così a formare un' arco regolare (una vera curva parabolica), mentre il fondo resta dritto ed interamente orizzontale. L' altezza interna è minore di quattro piedi della esterna, a causa della doppia volta e del doppio fondo; e resulta 26 piedi nel centro, e 18 e nove pollici nell' estremità. I tubi sulla terra sono 27 piedi all' infuori, e dentro 23 piedi alti nelle minori estremità. La larghezza interna da lato a lato è 14 piedi, benchè il libero spazio pel passaggio de' treni non fosse che 13 piedi e cinque pollici. L' intiera larghezza nel l' esterno è 14 piedi e otto pollici.

Il metodo generale della costruzione de' Tubi, facilmente si comprende; essi consistono di lati, volta e fondo: tutti formati di lunghe e strette lamine di ferro lavorato, che variano in lunghezza da dodici piedi in sotto, e larghe da due piedi e quattro pollici ad un piede e nove pollici. La direzione in cui queste lamine son poste non è, come a prima vista può supporsi, arbitraria o senza scopo, ma è governata dalla direzione delle forze

(strains) sulle differenti parti del tubo. Così nella volta e nel fondo, ove la forza è nella direzione della lunghezza del tubo, le lamine sono situate in lungo, mentre i lati corrono da sopra in sotto. Queste lamine sono della stessa manifattura di quelle usate per fornelli «*boiler plate*» ; sono esse della miglior qualità, e principalmente della contea di Stafford : variano in doppiezza da tre ottavi a tre quarti di pollice ; alcune pesano circa 700 libre, e sono delle più grandi che si possono svolgere (to roll) da esistenti macchine. Ne' lati le lamine sono alternativamente sei piedi e sei pollici, e otto piedi e otto pollici in lunghezza, due piedi in larghezza, e mezzo pollice doppie, eccetto all' estremità dove divengono alquanto più doppie ; sono unite insieme e gradatamente rafforzate e strette alle giunture con ferri in forma di T, di fuori e di dentro, che vanno dalla volta al fondo formando un completo pilastro, ogni due piedi, nel modo stesso che la cornice di una vetrina *levatoja a contropeso* forma un pilastro colle due parti di essa (window sash form a pillar between each two panes); lo sporto di questi T di ferro dentro i tubi riduce lo spazio netto a tredici piedi e nove pollici.

Le lamine più lunghe sono nel fondo: sono esse della lunghezza di 12 piedi, larghe due piedi e quattro pollici, disposte in doppio strato: ogni strato essendo di nove sedicesimi di pollice doppio nel centro del gran Tubo, e sette sedicesimi alle estremità. Quelle che formano la volta sono ognuna di sei piedi di lunghezza, e un piede e nove pollici di larghezza. Nel mezzo de' tubi esse sono tre quarti di pollice doppie, e diminuiscono a cinque ottavi nelle estremità. Tutte queste doppiezze sono dipendenti dall' ammontar delle forze nel Tubo, come si è detto dover essere la direzione delle lamine; nella volta e nel fondo si vedono le celle, di cui si è fatta menzione di sopra; di queste ve ne ha otto di sopra, ognuna di nove pollici quadrati, e sei nel fondo, della stessa profondità, ma più larghe, cioè due piedi e quattro pollici, per esser di numero minore. Le partizioni verticali che formano queste celle sono connesse alle lamine orizzontali nella volta e nel fondo, e le lamine orizzontali esse stesse a' lati per via di angoli di ferro L calzati negli angoli del Tubo e ribaditi sopra ambidue. Questo L di ferro pesa nella volta 45 libre per *yard*, e nel fondo 27 libre.

La connessione fra il tetto ed il fondo e i lati si fa più sostanziale per mezzo di triangolari pezzi di lamina doppia, che vien ribadita sopra gli angoli: questi diconsi tecnicamente « gusset-pieces » (squadre?) e sono dirette ad abilitare il Tubo a resistere alla forza che tende a torcere (twisting strain), alla quale dovrà essere esposto da forti e continuati soffii di vento, che lo assaliranno nella esposta e massosa sua situazione. I chiodi ribaditi saran situati in fila, alla distanza di quattro pollici nel tetto e nel fondo, e di tre pollici ne' lati. Essi sono più di un pollice di diametro, e sono posti ne' buchi mentre sono tuttavia roventi; vi si forma la testa battendo sopra la porzione sporgente con pesanti martelli, e questa poi verrà compita con uno strumento di acciajo che ha la estremitá a forma di coppa, e che dà alla testa del chiodo una apparenza di netta convessità. Raffreddandosi i chiodi si contraggono fortemente e stringono insieme le lamine così potentemente che vi vuole la forza di quattro o sei tonnellate ad ogni chiodo a permettere che le lamine scivolassero una sopra l'altra: questa resistenza è dovuta soltanto alla forza di contrazione, ed intieramente indipendente dalla forza

dello stesso chiodo. Ognuno de' tubi grandi contiene 327,000 chiodi, e tutto il Ponte circa 2,000,000.

In tutti i casi si è presa molta cura a distribuire le giunture delle lamine in modo da non venir mai ad avvicinarsi insieme; ed ove ciò avviene una lamina doppia accuratamente vien ribadita sopra la giuntura da ambi i lati in modo da mantenere una forza uguale in ogni parte. La stessa regola si osserva per le giunture degli angoli. I buchi de' chíodi nelle lamine sono formati da una macchina che ne caccia via un pezzo di ferro della esatta dimensione assegnata al forame. Le lamine sono assicurate sopra una *tavola scorrente* (sliding-table) che si avanza ad ogni colpo, e addoppia il richiesto spazio fra ogni chiodo, due punteruoli scendono allora sulla lamina e formano i buchi; e così circa quaranta di essi sono traforati ogni minuto.

Ogni Tubo contiene dieci miglia di angoli e T di ferro: e tutto il ponte sessanta cinque miglia. Il peso del ferro lavorato in uno de' grandi tubi è stimato circa 1,600 tonnellate, di cui 500 sono nel fondo, 600 ne' lati e 500 nel tetto.

Le catene colle quali il Tubo sarà alzato vi

saranno attaccate a due piedi dalla estremità; ed acciocchè avessero sufficiente attacco in quelle parti vi sono costruiti tre telai (frames) di ferro fuso, alle due estremità del Tubo; il più interno serve soltanto a stringere e sostenere i lati mentre il Tubo riposa sopra l' estremità: li altri due sono i telai sollevatori (lifting frames), a' quali sono attaccate le catene per mezzo di tre file di barre di ferro fuso in massa, situate attraverso l' interno del tubo, una sopra l' altra, coll' estremità adattate sotto *profonde spalle* (deep shoulders) o *intacchi* (notches) ne' telai sollevatori, dove vengono ad esser fortemente serrate per mezzo di viti: per maggior sicurezza si fan passare due fortissime barre di ferro lavorato sopra le barre superiori e scendono sotto le celle del fondo fra' telai, ove sono fortemente fissate. Il peso di questi telai sollevatori e barre di ferro fuso sarà di circa 200 tonnellate, dimodochè l' intiero peso di un grande Tubo sarà circa 1,800 tonnellate. A quei che non sono accostumati a calcolare i pesi in tonnellate possiamo indicare, che questo peso equivale a quello di 30,000 uomini ordinarii. Non è facile il concepire qual macchina potesse aver tanta forza da alzare un simil peso! Quello di ognuno dei

piccoli tubi interamente compiti, sarà di 660 tonnellate; dimodochè il peso del ferro in tutti li otto tubi è presso a 10,000 tonnellate.

Tostochè ognuno de' grandi Tubi è compito, la piattaforma sopra la quale è stato costruito sarà tagliata, e le sole estremità saran lasciate per lo spazio di sei piedi su' pilieri di pietra situati al di sotto.

Per prevenire il piegamento che avviene in prismi di tale straordinaria lunghezza come questi, le piatteforme non sono costruite a livello, ma hanno una elevazione di nove pollici nel mezzo della lunghezza di ogni tubo, che fa esattamente il totale del piegamento che si calcola poter subire col proprio peso; dimodochè quando si taglia la piattaforma ed il tubo resta coll' estremità sopra i pilieri menzionati, come dovrà restare sulle torri, il fondo sarà a perfetta linea dritta. Queste piatteforme che son costruite tutte di pezzi di legname coverti di tavole, sono lungo la spiaggia della contea Carnarvon, per una distanza di circa mezzo miglio, ed insieme con quelle pe' piccoli tubi cuoprono un' area di tre jugeri e mezzo.

L' apparenza dello interno de' grandi Tubi, veduti da una estremità, è rimarchevole per la

scemante prospettiva di tante linee verticali ed orizzontali, è per le squadre degli angoli che avvicinano alla forma di arco, da rassomigliare alle lunge navate di una cattedrale: se il sole in quel tempo illumina una estremità, le forti ombre delle sporgenti strisce accresceranno bellezza all' effetto.

Uno de' grandi Tubi fu costruito dal signor Garforth di Dukinfield Manchester; gli altri tre, con i piccoli, dal sig. Carlo Mare di Blackwall; il primo chiodo vi fu posto a 10 agosto 1847.

I Tubi saran trasportati dal posto che ora occupano a quello della base delle torri, sopra barche grandi a fondo piano, dette *pontoni*, delle quali se ne richiedono otto per un tubo. Sei di esse sono di legno, costruite a Conway, e servirono ivi a far galleggiare que' tubi: le altre due, che sono di ferro, furono fabbricate alla estremità della piattaforma de' tubi. Queste barche sono lunghe, ogn' una 98 piedi, larghe 25, e profonde 11, capaci di sostenere 400 tonnellate; quando trasportano il Tubo esse affondano cinque piedi in acqua. Saran distribuite sotto il tubo in due gruppi o in quattro, una presso ogni estremità. Grandi valve sono situate nel fondo di ogni barca, che si tengono costantemente aperte, e la marèa vi entra

ed esce senza recarvi danno. L' operazione di far galleggiare il Tubo comincerà dal serrare queste valve nella bassa marèa, e come viene l' alta i pontoni cominciano a galleggiare, e poco dopo a sostenere il peso del Tubo, che verrà finalmente da essi alzato dell' intutto da sopra i cennati temporarii pilieri : circa un' ora e mezza prima dell' alta marèa, di cui la corrente fa quasi quattro miglia ad ora, sarà tirato nel centro di essa per via di potenti argani e gherlini, che da' pontoni corrispondono a' due margini delle opposte spiagge ; per guidarli poi nel sito colla maggior possibile certezza, tre argani si pianteranno nel senso della corrente, fissando una estremità di essi alle torri, fra le quali il Tubo deve restare, e l' altra a due ben forti punti nelle due spiagge, vicino ed oppostamente all' ultima estremità della piattaforma de' Tubi. Diversi altri argani, operati da 50 uomini per uno, saran disposti lungo le spiagge con corde che vanno a varii pontoni, e molti battelli a vapore saran pronti ad ogni richiesta assistenza. Si disporrà in modo il tempo e la celerità del galleggiamento del Tubo, che, quando la marèa sarà stazionaria, e prima che torni indietro, tanto importa 15 minuti, il Tubo sarà arrivato elle Torri,

e depositato sugli sporgenti scaglioni appiè di essé, esattamente sotto la finale sua posizione. *Questa è la più difficile parte di tutta l' operazione.*

Come si è detto di sopra, il Tubo è 12 piedi più lungo della distanza fralle due torri, quindi per ricevere questa addizionale lunghezza, in ognuna delle facce opposte delle torri vi è incavato un doppio canale o *solco* verticale, sei piedi profondo e bastantemente largo per ammettere che la estremità del Tubo potesse scorrere in sopra facilmente dentro di esso. Questo solco va dal fondo all' alto della torre. Or per porre il Tubo in questo solco la estremità bassa di esso che è vicina alla torre del lido bisogna che si approfondasse dodici piedi entro la torre stessa, perchè l' altra estremità del Tubo potesse porsi nell' opposto solco : e questo sprofondamento della torre, sarà poi murato quando il Tubo è situato al suo posto. Fatta questa operazione si aprono le valve de' pontoni, l' acqua entra, cessa il galleggiamento ed il Tubo si adagia quietamente sopra un letto di molle legname, situato a riceverlo.

L' operazione che segue è quella di elevare il Tubo al suo permanente livello : la macchina a ciò impiegata è una *Pressa idraulica*, mezzo in-

ventato da Bramah, ed estesamente usato in questo paase per estrarre olii, imballar materiali molli, ed in altro che richiede una intensa pressione. La sua costruzione è così semplice, che può capirsi da ognuno, ancorchè non s' intenda di macchine. Essa consiste di un cilindro di ferro eccedentemente doppio e pesante, simile ad un mortaro, marcato A, nell' annessa figura 3 (Tav. 2) uno stantuffo B, anche di ferro, detto *ariete* (ram) va sù e giù dentro questo cilindro, cinto di collare di pelle alla *spalla* (shoulder), onde fosse a *prova d' acqua* (water tight). L' acqua viene spinta entro il cilindro per mezzo di una *tromba di forza* (force-pump) attraverso un piccolo forame *a*, che possiamo paragonare al buco del fondo dello schioppo, e quest' acqua caccia gradatamente sopra lo stantuffo. Or tutto il segreto della immensa forza di questa macchina consiste semplicemente nella prodigiosa possa con la quale l' acqua vi è spinta dentro, e che nel caso attuale è così grande che caccerebbe l' acqua all' altezza di 20,000 piedi! Ciò che farebbe più di cinque volte l' altezza di Snowdon, e 5,000 piedi più in sù del Montblanc! L' insieme poi della macchina rassomiglia allo stantuffo d' una macchina

*

a vapore; ma in luogo di usare il vapore a trenta o quaranta libre di pressione a pollice, si adopera l' acqua alla pressione di otto a novemila libre. Il cilindro perciò richiede esser molto forte per resistere a tale pressione. I lati della più grande delle presse usate per alzare i Tubi Britannia, sono doppii undici pollici, ed il peso del cilindro solo è di sedici tonnellate: esso è di un pezzo solo di ferro fuso. L' ariete o stantuffo che vi opera dentro e 20 pollici di diametro. Tutta la macchina pesa sopra 40 tonnellate: essa è la pressa la più grande nel mondo; ed è, a dir vero, la più potente macchina che fosse mai costruita; e se si usasse alla massima sua potenza sarebbe sola capace di alzare uno de' tubi. Tuttavolta la sua azione è guidata e maneggiata da un' uomo, con la più perfetta precisione e facilità !!. Fu costruita dai Signori Easton ed Amos di Southwark, autori, essi pure, dell' apparato innalzatore di Conway.

Questa pressa poggia sopra due travi, composte di lamine di ferro lavorato ribadite insieme sulla cima delle torri laterali, circa 29 piedi sopra al livello al quale deve alzarsi il Tubo, e due più piccole presse con *arieti* di 18 pollici di diametro, simili a quelle impiegate per alzare i

Tubi di Conway sono situate di lato a lato, allo stesso livello, sulla torre Britannia, ed agiscono di concerto colle altre. Le catene per mezzo delle quali la potenza esercitata dalle presse nella loro pesante situazione, viene comunicata a' tubi che stanno alla base della torre, rassomigliano alle catene degli ordinarii ponti sospesi, e compariscono simili a quelle del ponte Hungerford in Londra. Sono fatte col procedimento patentato de' signori Howard e Ravenhill in Londra. Consistono di *anelli piani* (Flatlinks) sette pollici larghi, un pollice doppii, e sei piedi lunghi con un'occhio ad ogni estremità e fermati insieme in filari di *otto* e *nove* anelli alternativamente; li *otto* alquanto più doppii de' *nove,* in modo da render la loro forza uguale in tutte le parti; il loro peso è circa 100 tonnellate, cioè assai più di quello della statua del Duca di Wellington, di recente eretta in Hydepark, che giustamente riguardavasi come una delle più grandiose alzate che si sono mai fatte. La maniera con la quale le catene vengono a connettersi colle presse, facilmente si capisce. Una trave di ferro fuso eccedentemente doppia e pesante e rafforzata per via di strisce di ferro lavorato sull'apice, riposa a guisa di un *giogo* (yoke)

sulla *spalla* C, dello stantuffo B. e si chiama (crosshead) della pressa; le due catene passano per mezzo di forami quadrati alle estremità della *Cross head* e si aggrappano sicure alla cima delle estremità, con un'apparato detto *Clams* (*lapazze?*) consistente in due *chiavi* (cheeks) di ferro lavorato riunite insieme per mezzo di viti, simili alle morse del ferrajo, essendo all'uopo fatte quadrate le *spalle* degli anelli, in modo da prestare un sicuro appiglio fra le *Clams* (tav. 2. f. 4).

Or la spinta delle presse è di sei piedi: cioè possono essere sollevate per sei piedi ad ogni alzata; il Tubo quando è portato a quell'altezza dee per conseguenza esser sostenuto, nel tempo che le presse si abbassano, ed ottenere nuovo appoggio; ciò si effettua non già fabbricando sotto il tubo che vien lasciato interamente non sostenuto sotto, ma aggrappando le catene ad una seconda serie di *Clams* appiè della pressa, dodici piedi sotto di quelle che sono in cima della *Cross head*; queste seconde sostengono il peso; mentre la pressa si abbassa la serie superiore degli anelli si toglie, si mette da canto e si dispongono le cose per un'altra alzata. Le superiori *Clams* sono allora chiuse di nuovo, e si ripete l'operazione co-

me prima. Ogni spinta della pressa di sei piedi si opera nello spazio di circa trenta minuti; ma altra mezz' ora è impiegata ad aggiustare le macchine per l' altra spinta. Il Tubo dovendo alzarsi a 101 piedi, l' operazione richiede diciotto ore, e probabilmente il tutto sarà finito in un giorno.

L' acqua viene spinta dentro la pressa da due macchine a vapore della forza di quaranta Cavalli per ognuna, con caldaje tubolari, come in una *locomotiva*. Il cilindro a vapore è orizzontale; una continuazione della *verga* dello *stantuffo* che passa per le due estremità del cilindro, forma lo stantuffo delle *trombe di forza* (force-pumps) che sono situate una per ogni estremità nella linea stessa del cilindro. Il diametro delle trombe è un pollice ed un sedicesino: quello dello stantuffo della pressa idraulica venti pollici, le *aree* rispettive stanno nella proporzione di 1: 354. Il cannello pel quale l' acqua è spinta nella pressa è di ferro lavorato ed è minore più di quanto si aspetta. La fig. 5 (tav. 2,) ne mostra la esatta dimensione.

Tostochè il Tubo è sollevato al proprio assegnato livello, tre grandi *chiavi* o spranghe di ferro fuso vengono assicurate ad ogni estremità,

attraverso i *solchi* pe' quali il Tubo è salito e finalmente è scaricato sopra di esse. Queste *chiavi-spranghe* sono lunghe ognuna 24 piedi per quattro piedi di altezza e pesano undici tonnellate. Esse sono state in prima tirate indietro da' solchi sopra un tavolato sporgente per mezzo di casse di ferro fuso entro la fabbrica, di modo che non possono facilmente muoversi innanzi o indietro.

Per accertare la perfetta sicurezza durante lo innalzamento si è adottato un modo col quale le catene, come si alzano sono continuamente seguite da cunei; acciocchè in caso di accidente qualunque nelle macchine d' innalzamento non avvenisse danno al Tubo.

Le travi su cui poggiano le presse, le (Crossheads) e tutte le parti che sono soggette a grandissimo stringimento, sono o costruite o rafforzate di ferro lavorato, come quello che è meno frangibile e più sicuro del ferro fuso.

Quando sono alzati, ed i piccoli compiti, le loro estremità che vengono insieme nelle torri, saranno unite; dimodo che come si è detto, saranno due Tubi « ognuno lungo più di un quarto di miglio ». La esatta lunghezza di ognuno sarà allora di 1513 piedi, ed il peso 5000 ton-

nellate, in grandezza sorpassante qualunque pezzo di opera a ferro lavorato sia stata mai messa insieme; ed in peso quasi il doppio di un vascello di 120 cannoni pronto a far vela. L' accoppiamento de' due Tubi aggiungerà materialmente alla loro forza tanto, quanto il Ponte si troverebbe sicuro anche se i Tubi venissero tagliati nel mezzo della distesa; e sotto questa veduta le parti che passano attraverso delle torri sono moltissimo rafforzate.

La intiera lunghezza del Ponte, al livello della rotaja, è 1841 piedi, la espansione e contrazione di tanto grande massa di metallo, per i cambiamenti di temperatura sarà considerevolissima; la estrema variazione in lunghezza di uno di essi, fra la està e l' inverno, è di 20 pollici. È necessario quindi provvedere a questa costante alterazione di lunghezza, che potrebbe recar danno alla stabilità di tutta la contestura. Ciò si è fatto nel modo seguente. Il centro è fissato nella torre centrale, e non può muoversi, ma in ambi i lati dove il Tubo passa per le torri laterali e ne' tubi terminali (abutements); esso si muove sopra cilindri di ferro fuso di sei pollici di diametro; ed una porzione del peso sarà sostenuta in cima sopra palle di *duro metallo a cannoni* (hard

gun-metal) della medesima grandezza, che si muovono sopra scanelate travi, ed agiscono nel senso stesso de' summentovati cilindri. Nelle ultime estremità, ove le rotaje del Tubo si uniscono con quelle del terreno, si ovvia facilmente l'apertura che può nascere per la contrazione, e che potrebbe danneggiare la sicurezza de' treni.

L'ingegnere residente delle opere di ferro, e delle operazioni dello innalzamento è il sig. Edwin Clark. Il comando immediato durante le operazioni del galleggiamento è dato dal sig. Stephenson al Capitano Claxton della R. Marina che tanto si distinse nel liberare il Vascello Gran-Brettagna dalla pericolosa posizione in che trovossi nella baja di Dundrum.

L'altezza del fondo del Tubo sopra l'alta marèa è 102 piedi, quanto quella del ponte sospeso di Menai.

Vi sono tre grandi manifattorie ad intervalli, lungo la piatta forma, provvedute di forge, di macchine per tagliare, sbucare e rinforzare le lamine. Molte altre tutte nuove, espressamente inventate per quest' opera. Vi sono barcacce per trasportare, cicogne (cranes) ed argani per tirare e sollevare pietre, ferro ed altri materiali; e sei

macchine a vapore sono costantemente impiegate per alzarli nella costruzione delle torri, e per mettere in moto altre macchine. Il numero degli uomini impiegati per la intiera opera ammonta a 1500; cioè 700 nell' opera di fabbrica, ed 800 in quelle di ferro. L' operazione del galleggiamento impiegherà 700 uomini; in quella dell' innalzamento però non ve ne saranno che soli 36. Sette persone sono morte per accidenti avvenuti durante l' opera; alla memoria delle quali i muratori hanno alzato un monumento.

Temporarie capanne di legno sono state alzate sul luogo, che dan comodo a circa 500 operai colle loro famiglie. Vi sono delle botteghe di provisioni, di cui il prezzo è cresciuto dacchè cominciò l' opera. Hanno anche il vantaggio di una scuola giornaliera per li fanciulli, di un Sacerdote, e di un Medico sempre pronto per gli accidenti.

N. B. Dacchè fu scritta questa descrizione del Ponte Britannia, l' opera andò innanzi tanto rapidamente quanto a cinque marzo 1850 era già intieramente finita.

Dal giornale, detto *Illustrated London News* March 23 1850, p. 194 si ricavano le seguenti notizie.

Nel giorno 5 marzo 1850, l'ultimo chiodo fu caricato a colpi di martello dal sig. Stephenson istesso, dopo che il sig. Mare lo avea posto nel sito; dopo di che quell'Ingegnere in capo ringraziò tutti i collaboratori, e principalmente il capo artista T. Fleet.

L'opera fu ispezionata dal Capitano Simmons, Ispettore del Governo per le Commessioni delle strade a rotaja, coll'Ingegnere residente sig. Clark.

Si fè prova di far passare un vagone di Carbon fossile del peso di 240 tonnellate con tre macchine a vapore, ed il piegamento nel centro del Tubo, misurato con lo strumento detto *deflectometer* fu quasi impercettibile, cioè 3/4 di pollice. — La vibrazione fu insensibile. Lo stesso avvenne negli altri Tubi.

Tutto fu trovato esattamente eseguito, e corrispondente a quanto era stato calcolato per questa meravigliosa opera.

Il Ponte Britannia fu aperto al traffico, lunedì 18 marzo; ed il primo Vapore a passarvi fu la corriera di Holyhead, carica di numero grande di passaggieri, ansiosi d'essere i primi a transitare per quel meraviglioso Ponte; la corriera giunse ad *Euston Square* in Londra un'ora prima dell'ordinario arrivo.

Fu invitato il Principe Alberto a passarvi il primo; ma non potè ciò verificarsi.—Fu promesso che la Regina sarebbe venuta di presenza fra non molto.







